Journal of Horticultural Science
https:// jhs.um.ac.ir

Research Article
Vol. 36, No. 2, Summer 2022, p. 389-400

Evaluation of Biochemical Parameters and Antioxidant Activity of *Ocimum basilicum* L. in Response to Vermicompost and Copper Sulfate

M.H. Aminifard[1*], M. Asgarian[2], M. Khayyat[3], M. Jahani[4]

Received: 17-03-2021 Revised: 22-04-2021 Accepted: 18-05-2021 Available Online: 21-08-2022	**How to cite this article:** Aminifard M.H., Asgarian M., Khayyat M., and Jahani M. 2022. Evaluation of Biochemical Parameters and Antioxidant Activity of *Ocimum basilicum* L. in Response to Vermicompost and Copper Sulfate. Journal of Horticultural Science, 36(2): 389-400. (In Persian with English abstract) **DOI:** 10.22067/JHS.2021.69217.1029

Introduction

Basil (*Ocimum basilicum* L.) is an annual and herbaceous plant of the family of Lamiaceae. It is used as an antispasmodic, appetizer, carminative, diuretic, lactation aid, and sedative in traditional medicine. In general, basil is rich in phenols and flavonoids. Organic and chemical fertilizers are necessary for each other and both types of fertilizers are needed to create favorable conditions to improve biochemical traits. Overuse of chemical fertilizers has caused several problems in agriculture including changes in the soil structure, contamination of underground waters, and heavy metal toxicity. Agricultural scientists suggest replacing chemical fertilizers with organic products to reduce negative effects on environment and soil properties. In recent years, neglecting the importance of organic matters to improve soil fertility has led to an increase in chemical fertilizer use in Iran. Organic matters due to their positive effects on soil are identified as one of the important pillars of soil productivity. However, more than 60 percent of agricultural soils in Iran contain less than one percent of organic matter. Therefore, the objective of this study was to investigate the influence of vermicompost and copper sulfate on biochemical parameters and the antioxidant activity of basil.

Materials and Methods

To investigate the effect of vermicompost and copper sulfate on the biochemical characteristics of Basil's medicinal plant, a factorial experiment was conducted based on randomized complete block design with a field experiment at the Faculty of Agriculture, University of Birjand. The factors included vermicompost in three levels (0, 5, and 10 $t.ha^{-1}$) and copper sulfate in three levels (0, 3, and 6 per thousand) with three replications. After applying the treatments and after the plants entered the flowering stage, ten plants from each plot were randomly selected taking into account the marginal effects and then samples of the developed leaves of 10 plants were randomly prepared and the biochemical traits of basil were measured. Measured traits included photosynthetic pigments, antioxidants, phenols, anthocyanins, flavonoids, total sugar, and biological function. Statistical analysis of data was performed using SAS statistical software.

Results and Discussion

The results of the mean comparison showed that vermicompost had a significant effect on chlorophyll content, antioxidant activity, anthocyanin, flavonoids, sugar, and biological function of basil so that the highest amount of flavonoids (3.26 $mg.g^{-1}$) with the application of 10 $t.ha^{-1}$ of vermicompost and the lowest Its amount (2.65 $mg.g^{-1}$) was obtained from the control. Treatment of 10 $t.ha^{-1}$ of vermicompost increased plant sugar by 37.05% compared to the control. Copper sulfate also affected chlorophyll a and total, antioxidant activity,

1 and 4- Associate Professors, Department of Horticultural Science and Special Plants Regional Research Center, College of Agriculture, University of Birjand, Iran
(*- Corresponding Author Email: mh.aminifard@birjand.ac.ir)
2- Master Student, Department of Horticultural Sciences, Physiology of Medicinal Plants, Spices and Aromatics, Faculty of Agriculture, Birjand University, Birjand, Iran
3- Associate Professor, Department of Plant Protection, Birjand University, Birjand, Iran

phenol, anthocyanin content, sugar, and biological function, so that the highest activity of phenol and sugar (15.29 and 12.99 $mg.g^{-1}$, respectively) of the treatment of 3 per thousand Copper sulfate and its lowest levels (10.98 and 9.19 $mg.g^{-1}$, respectively) were obtained from the control. The results of interactions also showed the highest levels of chlorophyll a (1.62 $mg.g^{-1}$), chlorophyll b (2.57 $mg.g^{-1}$), total chlorophyll (4.19 $mg.g^{-1}$), antioxidant activity (92.57%), and anthocyanins (3.03 $mg.g^{-1}$) was obtained by applying 10 tons per hectare of vermicompost and 3 per thousand of copper sulfate. Furthermore, the highest increase in biological function (20968.3 $kg.ha^{-1}$) with the application of 5 $t.ha^{-1}$ of vermicompost and 6 per thousand copper and the lowest (16596.7 $kg.ha^{-1}$) was related to the control.

Conclusion

In general, the results indicated a positive effect of vermicompost and copper sulfate on Basil's biochemical characteristics. Therefore, vermicompost (10 $t.ha^{-1}$) of and copper sulfate (3 per thousand) treatments can be suggested as a suitable treatment. From the present study, it can be concluded that the combined application of organic fertilizers with chemical fertilizers has a useful and effective role in improving photosynthetic pigments, antioxidants, anthocyanins, and the biological function of basil. In the discussion of basil production as a medicinal and vegetable plant, the best results in terms of crop production were related to the combined treatments of organic and chemical fertilizers, because these treatments have increased the production relative to organic treatments alone.

Keywords: Anthocyanins, Biological function, Chlorophyll, Flavonoids, Sugars

نشریه علوم باغبانی
https:// jhs.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۶، شمار۲، تابستان۱۴۰۱، ص ۴۰۰-۳۸۹

ارزیابی برخی پارامترهای بیوشیمایی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.) در واکنش به ورمی‌کمپوست و سولفات مس

محمّدحسین امینی فرد[1*]- محبوبه عسگریان[2]- مهدی جهانی[3]- مهدی خیاط[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۲۸

چکیده

ورمی کمپوست یکی از روش‌های مناسب تبدیل مواد زاید آلی به کودهای آلی می باشد و استفاده از آن باعث بهبود شرایط فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک می‌شود. همچنین مس یک عنصر ریزمغذی گیاه است، به گونه‌ای که کمبود آن، متابولیسم گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. به منظور بررسی تأثیر ورمی‌کمپوست و سولفات مس بر صفات بیوشیمیایی گیاه دارویی ریحان، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند اجرا شد. فاکتورها شامل ورمی‌کمپوست در سه سطح (صفر، ۵ و ۱۰ تن در هکتار) و سولفات مس در سه سطح (صفر، ۳ و ۶ در هزار) با سه تکرار بودند. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که ورمی‌کمپوست اثر معنی‌داری بر میزان کلروفیل، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، آنتوسیانین، فلاونوئید، قند و عملکرد بیولوژیک ریحان داشت، به‌طوری‌که بیشترین میزان فلاونوئید (۳/۲۶ میلی‌گرم بر گرم) با کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست و کمترین میزان آن (۲/۶۵ میلی‌گرم بر گرم) از شاهد بدست آمد. تیمار ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست، ۳۷/۰۵ درصد نسبت به شاهد، قند گیاه را افزایش داد. سولفات مس نیز بر میزان کلروفیل a و کل، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، فنول، محتوی آنتوسیانین، قند و عملکرد بیولوژیک تأثیرگذار بود، به‌طوری‌که بیشترین میزان فعالیت فنول و قند (به‌ترتیب ۱۵/۲۹ و ۱۲/۹۹ میلی‌گرم بر گرم) از تیمار ۳ در هزار سولفات مس و کمترین میزان آن‌ها (به‌ترتیب ۱۰/۹۸ و ۹/۱۹ میلی‌گرم بر گرم) از شاهد بدست آمد. نتایج اثرات متقابل نیز نشان داد، بیشترین میزان کلروفیل a (۱/۶۲ میلی‌گرم برگرم)، کلروفیل b (۲/۵۷ میلی‌گرم بر گرم)، کلروفیل کل (۴/۱۹ میلی‌گرم بر گرم)، فعالیت آنتی‌اکسیدانی (۹۲/۵۷ درصد) و آنتوسیانین (۳/۰۳ میلی‌گرم بر گرم) با کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست و سولفات مس ۳ در هزار بدست آمد. علاوه بر این بیشترین افزایش در عملکرد بیولوژیک (۲۰۹۶۸/۳ کیلوگرم در هکتار) با کاربرد تیمار پنج تن در هکتار ورمی‌کمپوست همراه با سولفات مس شش در هزار و کمترین آن (۱۶۵۹۶/۷ کیلوگرم در هکتار) مربوط به شاهد بود. با توجه به نتایج این آزمایش، می‌توان تیمار ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست و سولفات مس ۳ در هزار را بعنوان تیمار برتر برای بهبود برخی صفات بیوشیمیایی و آنتی‌اکسیدانی گیاه ریحان توصیه نمود.

واژه‌های کلیدی: آنتوسیانین، عملکرد بیولوژیک، فلاونوئید، قند، کلروفیل

مقدمه

امروزه گیاهان دارویی از گیاهان مهم اقتصادی هستند که به صورت خام یا فراوری شده در طب سنتی و مدرن صنعتی مورد استفاده و بهره‌وری قرار می‌گیرند (Beigi, 2007). ریحان (*Ocimum bacilicum* L.) یکی از گیاهان دارویی مهم متعلق به تیره نعناع (Lamiaceae) است که به عنوان گیاهی دارویی، ادویه‌ای و نیز سبزی تازه مورد استفاده قرار می‌گیرد. مواد مؤثره پیکر رویشی این گیاه خاصیت ضد قارچی و ضد باکتریایی داشته، اشتهاآور است و برای معالجه نفخ شکم و کمک به هضم غذا استفاده می‌شود و نیز کاربرد

۱ و ۴- دانشیاران گروه آموزشی علوم باغبانی و مرکز پژوهشی گیاهان ویژه منطقه دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: mh.aminifard@birjand.ac.ir)
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی، گرایش فیزیولوژی گیاهان دارویی، ادویه‌ای و عطری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران
۳- دانشیار، گروه آموزشی گیاه‌پزشکی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران
DOI: 10.22067/JHS.2021.69217.1029

وسیعی در صنایع غذایی، دارویی و آرایشی- بهداشتی دارد (Beigi, 2005).

در بین عوامل مؤثر بر رشد کمی و کیفی گیاهان، تأمین مواد غذایی نقش ویژه‌ای در افزایش کمی و کیفی محصول دارد. جذب مواد غذایی به مقدار لازم در گیاه مستلزم شرایط مناسب خاک و آب می‌باشد. حدود ۹۰ درصد از اراضی کشاورزی ایران در منطقه خشک قرار گرفته و دارای بارندگی کمی می‌باشند، این امر باعث شده که خاک‌های اکثر مناطق ایران دارای اسیدیته و شوری بالایی باشند که همین مسأله باعث می‌گردد بعضی از عناصر کم‌مصرف علی رغم موجود بودن در خاک، نمی‌توانند جذب گیاه شوند و گیاه علائم کمبود این عناصر را نشان می‌دهد (Behbahanizadeh and Emami, 2008). عناصر کم‌مصرف با وجود اینکه به مقدار کم مورد نیاز گیاهان می‌باشد، ولی نقش برجسته‌ای در رشد و نمو گیاهان دارند، از جمله این عناصر مس می‌باشد که کمبود آن در اغلب خاک‌های نواحی خشک دیده می‌شود (Pirzad *et al.*, 2013). مس به‌عنوان یک عنصر ریزمغذی در سال ۱۹۳۰ شناخته شد. این عنصر در فرایند تنفس و فتوسنتز دخالت دارد. جذب مس به وسیله گیاهان تحت تأثیر فاکتورهایی مثل pH خاک، ترکیب شیمیایی خاک و تراکم آن در خاک قرار می‌گیرد (Reuther and Labanauskas, 1966). عنصر مس در بسیاری از آنزیم‌های اکسایش و فرایندهای فتوسنتز و تبادل هیدروکربن‌ها و پروتئین‌ها شرکت دارد (Farzaneh, 2000). در این راستا مارشنر (Marschner, 1995) بیان کرد عناصرکم‌مصرف تأثیر مثبتی بر فتوسنتز و میزان کلروفیل در گیاهان دارند. در بررسی موحدی دهنوی و همکاران (Movahhedi Dehnavi *et al.*, 2004) نیز محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی، سبب افزایش قند محلول در رقم های گلرنگ شد. همچنین در بررسی عارفی و همکاران (Arefi *et al.*, 2017) میزان آنتی‌اکسیدان در گیاه ماش با افزایش مس افزایش معنی‌داری نشان داد.

علاوه بر کودهای شیمیایی کودهای آلی نیز تأثیر بسزایی در کمیت و کیفیت گیاهان دارویی دارند کودهای آلی نقش بسیار مهمی در خاک و در پایداری کشاورزی دارد. این کودها علاوه بر تأمین منابع غذایی مهم گیاه به عنوان جزء مهم در ساختمان خاک جهت افزایش نگهداری آب و عناصر غذایی حایز اهمیت است و همچنین به عنوان منبع غذا برای میکروارگانیسم‌های خاک مطرح می‌باشد (Gliessman, 1990). ورمی‌کمپوست یک کود بیوارگانیک و شامل یک مخلوط بیولوژیک بسیار فعال از باکتری‌ها ،آنزیم‌ها، بقایای گیاهی، کود حیوانی و کپسول‌های کرم خاکی می‌باشد که سبب ادامه عمل تجزیه مواد آلی خاک و پیشرفت فعالیت‌های میکروبی در بستر رشد گیاه می‌گردد (Bremness, 1999). افزودن ورمی‌کمپوست به خاک نه تنها فراهمی عناصرغذایی مورد نیاز گیاه را افزایش داده است بلکه با بهبود شرایط فیزیکی و فرآیندهای حیاتی خاک، ضمن ایجاد یک بستر مناسب برای رشد ریشه، موجبات افزایش رشد اندام هوایی و تولید ماده خشک و در نهایت بهبود عملکرد را نیز فراهم آورده است (Arancon *et al.*, 2004). انصاری و همکاران (Ansari *et al.*, 2020) اعلام کردند ورمی‌کمپوست به دلیل دارا بودن مواد مغذی زیاد و تنوع میکروبی در مقایسه با کمپوست معمولی در بهبود تنوع میکروبی خاک برتری دارد همچنین باعث بهبود ساختار دانه‌ای خاک پس از کاربرد در خاک می‌شود، با این حال، این اثر مثبت به شدت به خواص خاک بستگی دارد. تحقیقات نشان داد استفاده از کودهای آلی مانند ورمی‌کمپوست، میزان قند و کربن در گیاه را افزایش می‌دهد (Toor *et al.*, 2006). همچنین ایوینش (Ievinsh, 2011) گزارش کرد افزودن ورمی‌کمپوست به بستر کشت باعث افزایش معنی‌دار محتوای کلروفیل برگ لوبیا گردید. بنابراین با توجه به لزوم مدیریت تغذیه گیاهی در راستای افزایش و پایداری تولید و حفظ محیط زیست، این تحقیق با هدف بررسی تأثیر کودهای آلی، شیمیایی و تلفیقی بر عملکرد گیاه دارویی ریحان و همچنین یافتن تلفیقی مناسب از کودها به منظور افزایش کمیت و کیفیت این گیاه دارویی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۵ به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۹ ترکیب تیماری و سه تکرار در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند (عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۵۶ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۵۹ و ۱۳ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۴۸۰ متر از سطح دریا)، اجرا شد. قبل از کشت جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری نمونه‌برداری مرکب شد (جدول ۱). تیمارهای آزمایشی شامل ورمی‌کمپوست و سولفات مس بودند که به صورت ترکیبی از سه سطح ورمی‌کمپوست (صفر، ۵ و ۱۰ تن در هکتار) و سه سطح سولفات مس (صفر، ۳ و ۶ در هزار) تعیین شدند. به منظور انجام آزمایش، پس از شخم، دیسک و مسطح کردن خاک اقدام به کرت‌بندی زمین نموده و کرت‌هایی به ابعاد ۲ × ۲ متر ایجاد گردید، فاصله بین کرت‌ها و بلوک‌ها از یکدیگر به ترتیب ۱ و ۲ متر (با احتساب جوی‌های آبیاری) در نظر گرفته شد، عملیات کاشت به صورت خطی در پنج اردیبهشت سال ۱۳۹۵ انجام گرفت. هر کرت دارای هشت ردیف کاشت که فاصله کاشت بین ردیف‌ها ۲۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف‌ها ۱۰ سانتی‌متر، در عمق دو سانتی‌متر در نظر گرفته شد. آبیاری کرت‌ها به صورت سیفونی انجام شد. آبیاری اول همزمان با کاشت (پنج اردیبهشت ۱۳۹۵ به صورت غرقاب) و آبیاری دوم هفت روز بعد از آبیاری اول به منظور تسهیل در سبز شدن بذرها انجام شد. تیمار ورمی‌کمپوست به مقدار صفر، پنج و

۱۰ تن در هکتار قبل از کشت با خاک مخلوط شد، و محلول‌پاشی برگی سولفات مس نیز به مقدار صفر، سه و شش در هزار از مرحله ی ۶-۸ برگی طی سه نوبت به فاصله ۱۴ روز انجام گرفت (Sotoudeh et al., 2016). عملیات سله شکنی به جهت اینکه گیاهچه‌ها با سهولت بیشتری از خاک خارج شوند و رشد مطلوبی داشته باشند، انجام شد. برای حصول تراکم مناسب (مطابق فواصل فوق‌الذکر)، گیاهان در سه مرحله و پس از استقرار کامل در مرحله شش برگی تنک شدند. در طول مراحل اجرای آزمایش هیچ‌گونه آفت‌کش و علف‌کش شیمیایی مورد استفاده قرار نگرفت و کنترل علف‌های هرز از طریق وجین دستی انجام شد. بعد از اعمال تیمارها و پس از ورود گیاهان به مرحله گلدهی، از هر کرت ۱۰ بوته با در نظر گرفتن اثرات حاشیه‌ای به طور تصادفی انتخاب شده و سپس نمونه‌هایی از برگ‌های توسعه‌یافته از ۱۰ بوته، بطور تصادفی تهیه و صفات بیوشیمایی ریحان اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری غلظت کلروفیل و کارتنوئید در بافت گیاهی از روش آرنون استفاده شد (Arnon, 1967). ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گیاه از روش خنثی‌کنندگی DPPH (۲،۲- دی فنیل ۱- پیکریل هیدرازیل) تعیین شد (Turkmen et al., 2005). برای اندازه‌گیری مقدار ترکیبات فنولی گیاه از روش فولین سیکالتو استفاده شد (Haghirossadat et al., 2010). اندازه‌گیری آنتوسیانین برگ به روش pH افتراقی انجام گرفت (Wrosotad, 1976). جهت اندازه‌گیری قند کل از روش آنترون استفاده شد (Mocreadye et al., 1950). همچنین میزان فلاونوئید کل با استفاده از معرف آلومینیوم کلرید انجام گرفت (Chang et al., 2002). در آخر فصل رشد، زمانی که بذور گیاه کاملاً رسیده بودند، برداشت نهایی طی یک مرحله (یک چین)، جهت تعیین عملکرد تر بیولوژیکی (عملکرد کل اندام‌های هوایی) انجام شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با کمک نرم افزار آماریSAS صورت پذیرفت و میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1- Physical and chemical characteristics of soil in experimental site

عمق خاک Soil depth (cm)	بافت خاک Soil texture	مواد آلی Organic matter (%)	فسفر P (ppm)	پتاسیم K (ppm)	نیتروژن N (%)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC (dS/m)
0-30	لومی	0.38	45	208	0.042	8	6

نتایج و بحث

رنگیزه‌های فتوسنتزی

نتایج آزمایش بیانگر تأثیر معنی‌دار اثر ساده ورمی‌کمپوست برکلروفیل a، b و کلروفیل کل بود، با توجه به نتایج مقایسه میانگین بیشترین میزان کلروفیل a (۲/۵۲ میلی‌گرم بر گرم) و کلروفیل کل (۴/۰۷ میلی‌گرم بر گرم) از تیمار ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست و کمترین میزان این صفات به ترتیب (۱/۹۶ و ۳/۳۵ میلی‌گرم بر گرم) از تیمار شاهد بدست آمد (جدول ۲)، همچنین مشاهده شد که اثر ساده سولفات مس بر کلروفیل a و کل معنی‌دار بود، ملاحظه شد که بیشترین میزان کلروفیل a (۲/۳۵ میلی‌گرم بر گرم) و کلروفیل کل (۳/۸۳ میلی‌گرم بر گرم) از تیمار سه در هزار سولفات مس بدست آمد و کمترین میزان کلروفیل a و کلروفیل کل (به‌ترتیب، ۲/۱۷ و ۳/۶۲ میلی‌گرم بر گرم) از تیمار شاهد حاصل شد (جدول ۳). اثر متقابل تیمارها نیز تأثیر معنی‌داری بر رنگیزه‌های فتوسنتزی داشت، به‌طوری‌که بالاترین میزان کلروفیل b و کل (به‌ترتیب، ۲/۵۷ و ۴/۱۹ میلی‌گرم بر گرم) از تیمار ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست و سه در هزار سولفات مس و کمترین میزان این صفات (به‌ترتیب، ۱/۹۳ و ۳/۲۴ میلی‌گرم بر گرم) مربوط به تیمار شاهد بود (جدول ۴). مشابه نتایج این تحقیق در بررسی ستوده و همکاران (Sotoudeh et al., 2016) روی گیاه کنجد مشخص شد که کاربرد کود آلی ورمی‌کمپوست باعث افزایش معنی‌دار میزان کلروفیل گردید. نوربخش و همکاران (Noorbakhsh et al., 2016) نیز با مطالعه بر روی گیاه دارویی اکلیل کوهی بیان کردند که تیمار ورمی‌کمپوست تأثیر معنی‌داری بر رنگیزه‌های فتوسنتزی داشته است. در مطالعه‌ای دیگر با افزایش مقدار ورمی‌کمپوست میزان کلروفیل کل گیاه مرزه افزایش یافت، به‌طوری‌که بیشترین میزان کلروفیل کل (۳۷/۵۵ میلی‌گرم بر گرم) در تیمار دو تن در هکتار ورمی‌کمپوست و کمترین میزان کلروفیل کل (۲۹/۶۱ میلی‌گرم بر گرم) در تیمار بدون کاربرد ورمی‌کمپوست (شاهد) به‌دست آمد (Heidarpour et al., 2020). ویزانی و همکاران (Weisany et al., 2012) بیان کردند استفاده از ورمی‌کمپوست علاوه بر فراهم نمودن مقدار زیادی عناصر غذایی بخصوص نیتروژن، با تعدیل اسیدیته خاک جذب بسیاری از ریزمغذی‌ها مانند روی و آهن را که در چرخه‌های فتوسنتزی و ساختمان سیتوکروم‌ها نقش دارند، افزایش می‌دهد. افزایش جذب این ریزمغذی‌ها که نقش اساسی در ساختار و تولید کلروفیل دارند سبب

افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی می‌شوند. همسو با نتایج این آزمایش عسگری لجایر و همکاران (Asgari Lajayer *et al.*, 2015) بیان کردند که غلظت‌های مختلف مس باعث افزایش معنی‌دار میزان کلروفیل در گیاه دارویی ریحان شده است. تقی‌زاده و همکاران (Taghizadeh *et al.*, 2017) نیز مشاهده نمودند که کاربرد مس باعث افزایش غلظت کلروفیل برگ گیاه علف چشمه گردید. تأثیر مثبت عنصر مس بر میزان شاخص کلروفیل این گیاه دارویی به این صورت توجیه می‌شود که افزایش مس سبب افزایش فعالیت‌های فتوسنتزی می‌گردد که با افزایش فعالیت‌های فتوسنتزی به نوعی تولید پیش ماده‌های مناسب جهت بیوسنتز کلروفیل در کلروپلاست افزایش می‌یابد و نهایتاً منجر به افزایش شاخص کلروفیل در برگ‌ها می‌شود (Zare Dehabadi and Asrar, 2009).

فعالیت آنتی‌اکسیدانی

اثر ساده ورمی‌کمپوست و سولفات مس همچنین اثر متقابل تیمارها بر میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی معنی‌دار شد. ملاحظه شد که بیشترین میزان فعالیت آنتی اکسیدانی گیاه (۸۹/۵۷ درصد) مربوط به تیمار ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست و کمترین آن (۸۵/۱۳ درصد) مربوط به تیمار شاهد بود (جدول ۲)، علاوه بر این تیمارهای ۳ در هزار سولفات مس و شاهد به‌ترتیب با ۸۸/۱۱ و ۸۶/۶۰ درصد بیشترین و کمترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه را داشتند (جدول ۳). نتایج اثرات متقابل نشان داد بیشترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی (۹۲/۵۷ درصد)، با مصرف ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست و سه در هزار سولفات مس به دست آمد و کمترین میزان آن (۸۵/۳۱ درصد) در تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۴). دوماس و همکاران (Dumas *et al.*, 2003) در نتایجی مشابه بیان کرد که کودهای آلی تأثیر مثبتی بر تجمع میزان آنتی‌اکسیدان گوجه فرنگی داشت. نور فائزه و همکاران (Nur Faezah *et al.*, 2012) نیز بیان نمودند که، بیشترین مقدار آنتی‌اکسیدان درگیاه کاساوا در تیمار حاوی کود آلی ورمی‌کمپوست مشاهده شد که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد. ابو ال-ماگد و همکاران (Abou El-Magd *et al.*, 2006) اظهار داشتند بسترهای حاوی کودهای آلی تهویهٔ خاک و ظرفیت نگهداری آب را افزایش می‌دهد و با رهاسازی کُند عناصر غذایی وضعیت مطلوبی برای تنفس و رشد گیاه ایجاد کرد و باعث افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی می‌شود. نتایج اسدی کرم و همکاران (Asadi Karam *et al.*, 2015) نشان داد عنصر ریزمغذی مس باعث افزایش معنی‌دار میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه تره تیزک در مقایسه با شاهد شد. همچنین عارفی و همکاران (Arefi *et al.*, 2017) بیان کردند، میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه ماش با غلظت‌های مختلف مس افزایش معنی‌داری نشان داد که با نتایج این آزمایش همخوانی دارد.

میزان فنول کل گیاه

نتایج بدست آمده از تجزیه واریانس، حاکی از تأثیر معنی‌دار اثر ساده سولفات مس بر میزان فنول ریحان است هرچند اثر ساده ورمی‌کمپوست و اثر متقابل تیمارها معنی‌دار نشد. با توجه به نتایج این آزمایش، با مصرف سولفات مس میزان فنول نسبت به شاهد افزایش یافت، به‌طوری‌که بیشترین مقدار فنول (۱۵/۲۹ میلی‌گرم بر گرم) در اثر کاربرد سه در هزار سولفات مس بدست آمد و کمترین میزان فنول (۱۰/۹۸ میلی‌گرم بر گرم) در تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۳). در این راستا سلطانی‌نژاد و همکاران (Soltaninejad *et al.*, 2013) گزارش کردند استفاده از عنصر ریزمغذی مس سبب افزایش در میزان فنول گیاه دارویی شیرین بیان گردید. همچنین مشاهده شده است که در برگ گیاه اسفناج تیمار مس باعث افزایش ترکیبات فنولی شده است (Caldwell, 2002). مک‌کی (McKey, 1979) گزارش کرد از آنجا که بر اساس دو فرضیه تعادل کربن به مواد معدنی و فرضیه تمایز رشد رابطه دو طرفه بین متابولیسم اولیه و ثانویه اثبات شده است. لذا افزایش عناصر غذایی ماکرو و میکرو منجر به افزایش میزان فتوسنتز خالص در گیاه و در نتیجه افزایش فعالیت آنزیم‌های درگیر با بیوسنتز نشاسته و پروتئین در سنتز ترکیبات ثانویه می‌گردد (Muller *et al.*, 2013). از طرفی افزایش ترکیبات فنولی با افزایش میزان کربوهیدرات‌ها در گیاه ارتباط مستقیم دارد از آنجا که هیدرات‌های کربن اسکلت مورد نیاز برای ساخت ترکیبات فنولی شناخته شده‌اند، لذا افزایش در مقدار آنها به عنوان افزایش سوبسترا برای ترکیبات فنولی می‌باشد (Nguyen and Niemeyer, 2010).

میزان آنتوسیانین

با توجه به نتایج این آزمایش اثر ساده ورمی‌کمپوست و سولفات مس و همچنین اثر متقابل این تیمارها میزان آنتوسیانین را نسبت به شاهد افزایش داد. نتایج مقایسه میانگین نشان داد بیشترین میزان آنتوسیانین (۲/۵۳ میلی‌گرم بر گرم) از کاربرد سه در هزار سولفات مس و کمترین میزان آن (۱/۶۵ میلی‌گرم بر گرم) در تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۳). همچنین اثرات متقابل نیز نشان داد، بیشترین میزان آنتوسیانین (۳/۰۳ میلی‌گرم) از تیمار ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست و سه در هزار سولفات مس و کمترین میزان آنتوسیانین (۱/۸۸ میلی‌گرم) از تیمار شاهد بدست آمد (جدول ۴). همسو با نتایج این آزمایش، نتایج حاصل از تحقیق ابراهیم‌زاده آبدشتی (Ebrahimzadeh Abdashti *et al.*, 2016) روی گیاه دارویی چای ترش نشان داد که تیمار ورمی‌کمپوست بر میزان آنتوسیانین تأثیر معنی‌داری گذاشت. همچنین امیری و همکاران (Amiri *et al.*, 2017) گزارش کردند کاربرد ورمی‌کمپوست باعث افزایش میزان آنتوسیانین در گیاه دارویی گاو زبان ایرانی شد.

جدول ۲- اثرات سطوح مختلف ورمی‌کمپوست بر صفات بیوشیمیایی ریحان سبز

Tables 2- The effects of different levels of vermicompost on biochemical traits of *Ocimum basilcium*

ورمی‌کمپوست Vermicompost ($t.ha^{-1}$)	a کلروفیل Chlorophyll a ($mg.g$ fresh $weight^{-1}$)	b کلروفیل Chlorophyll b mg.g fresh) $weight^{-1}$)	کلروفیل کل Total chlorophyll ($mg.g$ fresh $weight^{-1}$)	کاروتنوئید Cartoon ($mg.g$ fresh $weight^{-1}$)	آنتی‌اکسیدان Antioxidants (%)	فنول Phenol ($mg.g$ dry $weight^{-1}$)	آنتوسیانین Anthocyanin ($mg.g$ dry $weight^{-1}$)	فلاونوئید Flavonoid ($mg.g$ dry $weight^{-1}$)	قند Sugar ($mg.g$ dry $weight^{-1}$)	عملکرد بیولوژیک Biological function ($kg.h^{-1}$)
0	1.96^{c}	1.39^{c}	3.35^{c}	0.19^{a}	85.13^{b}	11.67^{a}	1.80^{b}	2.65b	10.39^{c}	17640.6^{b}
5	2.33^{b}	1.48^{b}	3.81^{b}	0.20^{a}	89.32^{a}	13.91^{a}	2.04^{b}	2.93b	11.30^{b}	19690.6^{a}
10	2.52^{a}	1.54^{a}	4.07^{a}	0.22^{a}	89.57^{a}	14.35^{a}	2.84^{a}	3.26a	14.24^{a}	19841.7^{a}

حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

Similar letters in each column has not significant difference at 5% of probability level based on DMRT.

جدول ۳- اثرات سطوح مختلف سولفات مس بر صفات بیوشیمیایی ریحان سبز

Tables 3- The effects of different levels of copper sulfate on biochemical traits of *Ocimum basilcium*

سولفات مس Copper sulfate (In thousand)	کلروفیلa Chlorophyll a ($mg.g$ fresh $weight^{-1}$)	کلروفیل b Chlorophyll b ($mg.g$ fresh $weight^{-1}$)	کلرفیل کل Total chlorophyll ($mg.g$ fresh $weight^{-1}$)	کاروتنوئید Cartoon ($mg.g$ fresh $weight^{-1}$)	آنتی‌اکسیدان Antioxidants (%)	فنول Phenol ($mg.g$ dry $weight^{-1}$)	آنتوسیانین Anthocyanin ($mg.g$ dry $weight^{-1}$)	فلاونوئید Flavonoid ($mg.g$ dry $weight^{-1}$)	قند Sugar ($mg.g$ dry $weight^{-1}$)	عملکرد بیولوژیک Biological function ($kg.h^{-1}$)
0	2.17^{b}	1.45^{a}	3.62^{c}	0.19^{a}	86.60^{b}	10.98^{b}	1.65^{b}	2.72^{a}	9.19^{b}	18152.2^{c}
3	2.27^{a}	1.47^{a}	3.77^{b}	0.21^{a}	89.32^{a}	15.29^{a}	2.53^{a}	3.08^{a}	12.99^{a}	19783.3^{a}
6	2.35^{a}	1.48^{a}	3.83^{a}	0.21^{a}	88.11^{ab}	13.65^{a}	2.51^{a}	3.03^{a}	9.74^{b}	19237.2^{b}

حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

Similar letters in each column has not significant difference at 5% of probability level based on DMRT.

جدول ٤- بر همکنش سطوح مختلف ورمی‌کمپوست × سولفات مس بر صفات بیوشیمیایی ریحان سبز

Tables 4- The interaction effect of different levels of vermicompost ×copper sulfate on biochemical traits of *Ocimum basilcium*

ورمی‌کمپوست Vermicompost ($t.ha^{-1}$)	سولفات مس Copper sulfate (In thousand)	کلرفیل a Chlorophyll a (mg.g fresh weight^{-1})	کلرفیل b Chlorophyll b (mg.g fresh weight^{-1})	کلرفیل کل Total chlorophyll (mg.g fresh weight^{-1})	آنتی‌اکسیدان Antioxidants (%)	آنتوسیانین Anthocyanin (mg.g dry weight^{-1})	عملکرد بیولوژیک Biological function ($kg.h^{-1}$)
0	0	1.30^{e}	1.93^{d}	3.24^{f}	85.31^{cd}	1.88^{c}	16596.7^{e}
0	3	1.41^{d}	1.95^{d}	3.36^{e}	88.31^{bc}	2.22^{b}	18220^{d}
0	6	1.45^{cd}	1.98^{d}	3.44^{e}	81.70^{e}	2.31^{b}	18105^{d}
5	0	1.50^{bc}	2.13^{c}	3.63^{d}	90.99^{ab}	2.80^{ab}	18355^{d}
5	3	1.44^{cd}	2.35^{b}	3.79^{c}	86.99^{c}	2.29^{b}	19748.3^{bc}
5	6	1.50^{bc}	2.50^{a}	4.01^{b}	90.73^{ab}	2.70^{ab}	20968.3^{a}
10	0	1.55^{ab}	2.45^{ab}	4.00^{b}	83.51^{de}	2.26^{c}	19505^{c}
10	3	1.62^{a}	2.57^{a}	4.19^{a}	92.57^{a}	3.03^{a}	19743.3^{bc}
10	6	1.47^{cd}	2.52^{a}	3.99^{ab}	91.90^{a}	2.57^{ab}	20276.7^{b}

حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

Similar letters in each column has not significant difference at 5% of probability level based on DMRT.

به‌نظر می‌رسد که کاربرد کودهای آلی در خاک ضمن تأمین مقادیری از عناصر غذایی، باعث بهبود ساختمان خاک، افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت، امکان آماده‌سازی بسترمناسب‌تر برای رشد ریشه و افزایش سبزینگی گیاه شده و از این طریق، بهبود خصوصیات کیفی گیاه نظیر آنتوسانین را در پی داشته است (Raja Sekar and Karmegam, 2010). مشابه با نتایج این تحقیق قربانلی و کیاپور (Ghorbanli and Kiapoor, 2012) در بررسی‌های خود نشان دادند که کاربرد عنصر مس در گیاه خرفه اثر افزایشی بر روی آنتوسیانین داشته است. سلطانی‌نژاد و همکاران (Soltaninejad *et al*., 2013) نیز در بررسی تأثیر مس بر متابولیت‌های ثانویه گیاه شیرین بیان، عنوان‌کردند که با افزایش مس میزان آنتوسیانین‌ها به طور قابل توجهی افزایش داشته است. همچنین یادگاری و علائیان (Yadegari and Alayean, 2012) درگزارشی بیان نمود عناصر ریزمغذی مانند مس نقش مؤثر در حفظ آنتی‌اکسیدان‌ها و به دنبال آن افزایش میزان آنتوسیانین دارند. که این نتایج با نتایج این تحقیق همخوانی داشت.

میزان فلاونوئید گیاه

نتایج به عمل آمده در این زمینه نشان داد، که با مصرف ورمی‌کمپوست میزان فلاونویید به طور معنی‌داری افزایش یافت، اگرچه کاربرد سولفات مس و اثر متقابل تیمارها بر میزان فلاونوئید ریحان تأثیر معنی‌داری نداشت. با توجه به جدول مقایسه میانگین بیشترین میزان فلاونوئید (۳/۲۶ میلی‌گرم بر گرم) از تیمار ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست و کمترین میزان فلاونوئید (۲/۶۵ میلی‌گرم بر گرم) از تیمار شاهد بدست آمد (جدول ۲). مشابه نتایج این آزمایش وجودی مهربانی و همکاران (Vojodi Mehrabani *et al*., 2017) در بررسی‌های خود به این نتیجه دست یافتند که ورمی‌کمپوست باعث افزایش میزان فلاونوئید در گیاه شاهی گردید. همچنین مختومی و همکاران (Makhtoumi *et al*., 2022) گزارش کردند که حداکثر مقدار فلاونوئید کل در گیاهان ریحان تیمار شده با ورمی‌کمپوست ۲۰ درصد وزنی خاک با ۹۲/۱۳ میلی‌گرم‌برگرم به‌دست آمد. قربانلی و همکاران (Ghorbanli *et al*., 2011) دلیل افزایش ترکیبات فلاونوئیدی در اثر استفاده از کودهای آلی را اینگونه بیان کردند که کاربرد کودهای آلی به دلیل افزایش دسترسی گیاه به مواد غذایی مخصوصاً کربن و نیتروژن موجب افزایش تولید ترکیبات فلاونوئیدی می‌گردند.

میزان قند کل گیاه

نتایج به دست آمده، حاکی از تأثیر معنی‌دار ورمی‌کمپوست و سولفات مس بر میزان قند کل گیاه بود، اگرچه اثر متقابل تیمارها معنی‌دار نشد. با توجه به نتایج مقایسه میانگین ها بیشترین میزان قند (۱۴/۲۴ میلی‌گرم بر گرم) در نتیجه‌ی اعمال سطح ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست و کمترین میزان (۱۰/۳۹ میلی‌گرم بر گرم) از تیمار شاهد به دست آمد، به‌طوری‌که تیمار ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست نسبت به شاهد ۳۷/۰۵ درصد افزایش داشت (جدول ۲). تیمار ۳ در هزار سولفات مس با ۱۲/۹۹ میلی‌گرم بر گرم بالاترین و تیمار شاهد با ۹/۱۹ میلی‌گرم بر گرم پایین‌ترین میزان قند را داشت، هر چند از لحاظ آماری بین تیمار ۶ در هزار سولفات مس و شاهد تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۳). براساس نتایج کورومکار و همکاران (Kurumkar *et al*., 2005) کاربرد ورمی‌کمپوست سبب افزایش تجمع کربوهیدرات‌ها شد. همچنین در پژوهش یداللهی و همکاران (Yadollahi *et al*., 2015) کاربرد کود آلی باعث افزایش میزان کربوهیدرات گیاه گلرنگ شد که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد. مارشنر (Marschner, 1995) بیان کرد که کودهای آلی به واسطه داشتن عناصر غذایی مانند آهن، روی و منگنز و نیز قرار دادن آب در دسترس گیاه باعث افزایش میزان کربوهیدرات در گیاه می‌شوند. عارفی و همکاران (Arefi *et al*., 2017) گزارش کردند کاربرد مس باعث افزایش میزان قند محلول درگیاه ماش شد. نتایج آزمایش حسن‌زاده و همکاران (Hassanzadeh *et al*., 2015) نیز نشان داد کاربرد کودهای کم‌مصرف باعث افزایش میزان قند در گیاه مرزه‌ی یکساله شد که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد.

عملکرد بیولوژیک

اثرساده ورمی‌کمپوست و سولفات مس و نیز اثر متقابل آنها بر میزان عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. با توجه به نتایج اثرات متقابل ملاحظه شد، بیشترین افزایش در عملکرد بیولوژیک (۲۰۹۶۸/۳ کیلوگرم در هکتار) با کاربرد پنج تن در هکتار ورمی‌کمپوست و شش در هزار سولفات مس و کمترین (۱۶۵۹۶/۷ کیلوگرم در هکتار) مربوط به شاهد بود (جدول ۴). مشابه تحقیق حاضر، در مطالعه درزی و همکاران (Darzi *et al*., 2011) بر روی اثر کودهای آلی بر گیاه انیسون مشاهده شد که بیشترین عملکرد بیولوژیک با مصرف ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست حاصل گردید. نتایج مطالعه سعیدنژاد و رضوانی‌مقدم (Saeidnejad and rezvani Moghadam., 2010) نیز نشان داد که تیمار ورمی‌کمپوست (۱۰ تن در هکتار) بیشترین عملکرد بیولوژیک زیره سبز را داشت. سیدی و همکاران (Seyyedi *et al*., 2016) گزارش کردند که ورمی‌کمپوست دارای آنزیم‌هایی نظیر پروتئاز، آمیلاز، لیپاز، سلولاز و کتیناز است که در تجزیه مواد آلی خاک و در نتیجه در دسترس قرار دادن مواد مغذی

مورد نیاز گیاه نقش مؤثری دارد و با فراهم آوردن محیط رشد مناسبی برای گیاه موجب افزایش رشد آن میگردد از این رو کاربرد ورمی‌کمپوست موجب افزایش عملکرد بیولوژیک گردید. همچنین استفاده از کود ورمی‌کمپوست به سبب افزایش هوموس و مواد آلی خاک، ویتامین‌ها، هورمون‌ها، و آنزیم‌های گیاهی که در کودهای شیمیایی وجود ندارند، را در خاک افزایش داده و بدین ترتیب سبب افزایش کمیت محصول شده است. شعبان‌زاده و همکاران (Shabanzadeh *et al.*, 2012) با تأثیر محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی بر گیاه سیاهدانه دریافتند که محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی نسبت به شاهد سبب افزایش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک شد. پیرزاد و همکاران (Pirzad *et al.*, 2013) چنین استنباط کردند که افزایش عملکرد زیستی با مصرف عناصر ریزمغذی علل مختلفی می‌تواند داشته باشد که از آن جمله می‌توان به افزایش فعالیت فتوسنتزی، افزایش تعداد شاخه فرعی، افزایش تعداد دانه در بوته و در کل افزایش عملکرد بیولوژیک را اشاره کرد.

نتیجه‌گیری

به طور کلی نتایج این تحقیق حاکی از آن بود که کاربرد تلفیقی کود آلی ورمی‌کمپوست با کود شیمیایی سولفات مس، توانست برخی صفات بیوشیمایی، نظیر رنگیزه‌های فتوسنتزی، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و میزان آنتوسیانین ریحان را افزایش دهد، هرچند اثر متقابل این تیمارها، نتوانست میزان قند کل، فلاونویید و محتوی فنل گیاه را تحت تاثیر خود قرار دهد. به نظر می‌رسد، با توجه به نتایج این آزمایش، می‌توان تیمار۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست و ۳ در هزار سولفات مس را بعنوان تیمار برتر برای بهبود برخی صفات بیوشیمایی و آنتی اکسیدانی گیاه ریحان توصیه نمود. ولی برای تائید نتایج این آزمایش یکساله، نیاز به تحقیقات تکمیلی و دوساله می‌باشد. همچنین با توجه محدودیت اندازه گیری صفات در این آزمایش، توصیه می گردد که سایر صفات دارویی ریحان نظیر میزان اسانس و همچنین میزان نیتریت و نیترات، جهت ارزیابی سلامت گیاه اندازه‌گیری شود.

منابع

1. Abou El-Magd M.M., El-Bassiony A.M., and Fawzy Z.F. 2006. Effect of organic manure with or without chemical fertilizers on growth, yield and quality of some varieties of broccoli plants. Journal of Applied Sciences Research 2(10): 791–798.
2. Amiri M.B., Rezvani Moghaddam P., Jahan M., Salehabadi M., and Naseri N. 2017. Effects of plant density and different organic and chemical fertilizers on some phytochemical characteristics of Iranian ox-tongue (*Echium amoenum* Fisch. & Mey.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research 33(4): 649-662. https://doi.org/10.22092/IJMAPR.2017.109512.1961.
3. Ansari A.A., Ori L., and Ramnarain Y.I. 2020. An effective organic waste recycling through vermicompost technology for soil health restoration. In Soil Health Restoration and Management 83–112. https://doi.org/10.1007/978-981-13-8570-4_3.
4. Arancon N.Q., Edwards C.A., Atiyeh R., and Metzger J.D. 2004. Effects of vermicomposts produced from food waste on the growth and yields of greenhouse peppers. Bioresource Technology 93(2): 139-144. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2003.10.015.
5. Arefi S., Lariyazdi H., and Amiri H. 2017. Interaction study of copper and salicylic acid on carbohyrates, proline content and catalas activity in tow varieties of mung been (*Vigna radiata* L.). Scientific-Research Journal of Al-Zahra University / Applied Biology 30(1): 95-111. https://doi.org/10.22051/JAB.2017.2990. (In Persian)
6. Arnon A.N. 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agronomy Journal 23(1): 112-121.
7. Asadi Karam E., Asrar Z., and Keramat B. 2015. Impact of methyl jasmonate on reducing of oxidative stress in garden cress (*Lepidium sativum* L.) under copper stress. Journal of Plant Research 28(4): 684-694. (In Persian with English abstract). https://doi.org/20.1001.1.23832592.1394.28.4.2.3.
8. Asgari Lajayer H., Hadiyan J., Savaghebi G., and Motasharezadeh B. 2015. Effect of different levels of copper and zinc on essential oil yield and percentage, Cu and Zn concentration and some growth traits of basil (*Ocimum basilicum* L.). Journal of Plant Production Technology 6(2): 33-47. (In Persian with English abstract)
9. Behbahanizadeh A.A., and Emami Y. 2008. Investigation of the effects of consumption of various micronutrients on corn yield components in dry conditions. Iranian Journal of Crop Sciences 3(2): 132 -126. (In Persian)
10. Bremness L. 1999. *Herbs*. Eyewitness Handbook, London.
11. Caldwell C. 2002. Effect of elevated copper on the phenolic compounds of spinach (*Spinacea oleracea* L.) leaf tissues. Journal of Plant Nutrition 25(6): 1225-1234. https://doi.org/10.1081/PLN-120004384.
12. Chang C., Yang M., Wen H., and Chern J. 2002. Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. Journal of Food and Drug Analysis 10(3): 178-182. https://doi.org/10.38212/2224-6614.2748.
13. Darzi M.T., Hadjseyed Hadi M.R., and Rejali F. 2011. Effects of vermicompost and phosphate biofertilizer

application on yield and yield components in anise (*Pimpinella anisum* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 26(4): 452-456. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22092/IJMAPR.2011.6655.

14. Dumas Y., Dadomo M., Di Lucca G., and Grolier P. 2003. Effects of environmental factors and agricultural techniques on antioxidant content of tomatoes. Journal of Food and Agriculture Science 83(5): 369–382. https://doi.org/10.1002/jsfa.1370.
15. Ebrahimzadeh Abdashti R., Glove M., and Ramroudi M. 2016. Effects of organic and chemical fertilizers on some quantitative characteristics and anthocyanin content of Sour Tea (*Hibiscus sabdariffa* L.) in zabol conditions. Journal of Horticultural Sciences (Agricultural Sciences and Industries) 30(2): 169-177. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/JHORTS4.V30I2.29246.
16. Farzaneh H. 2000. *Agbrishi*. Avae Noor Publications. (In Persian)
17. Ghorbanli M., Saadatmand L., and Niakan M. 2011. Study the effects of natural habitats on flavonoids poly phenols, anthocyanin and their related antioxidant activity in *Elaeagnus agustifolia*. The first congress on advanced Agricultural finding, Islamic Azad University Saveh, Iran. (In Persian)
18. Ghorbanli M., and Kiapour A. 2012. Copper-induced changes on pigments and activity of non-enzimatic and enzymatic systems in *Portulaca oleracea* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 28(2): 235-247. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22092/IJMAPR.2012.3036.
19. Gliessman S.R. 1990. Agroecology: researching the ecological basis for sustainable agriculture Agroecology (pp. 3-10) Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4612-3252-0_1.
20. Haghirossadat F., Bernard F., Kalantar M., Sheikhha M., and Hokmollahi Azimzadeh M. 2010. *Bunium persicum* (Black Caraway) of Yazd province: chemical assessment and evaluation of its antioxidant effects. Journal of Shaheed Sadoughi University of Medical Sciences 18(3): 284-291. (In Persian)
21. Hassanzadeh R., Jahan M., Majnoon Hosseini N., Nezami A., and Rezvani Moghaddam P. 2015. Effects of irrigation levels and macro and micro fertilizers on morpho-physiological traits of summer annual savory (*Satureja hortensis* L.). Iranian Journal of Field Crop Science 46(2): 277-286. (In Persian)
22. Heidarpour O., Esmaielpour B., Soltani Toolarood A., and Khorramdel S. 2020. Effect of vermicompost on morphophysiological, biochemical and yield characteristics of summer savory (*Satureja hortensis* L.) under different irrigation regimes. Journal of Agroecology 12(3): 507-522. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jag.v12i3.79634.
23. Ievinsh G. 2011. Vermicompost treatment differentially affects seed germination, seedling growth and physiological status of vegetable crop species. Plant Growth Regulation 65(1): 169-181. https://doi.org/10.1007/s10725-011-9586-x.
24. Kurumkar A.J., Mahorkar V.K., Paithankar D.H., and Warade A.D. 2005. Effect of nitrogen and phosphorus levels on growth and seed yield of ambrette (*Abelmoschus moschatus* Medie). Intenational Journal on Crops 29: 292-295.
25. Makhtoumi S., Khoshbakht S., and Nourinia A. 2022. The effect of application of vermi-compost and plant growth promoting bacteria (PGPR) on yield, vegetative traits and secondary metabolites of basil (*Ocimum basilicuum* L.). Journal of Horticultural Science. Articles in Press, Accepted Manuscript Available Online from 30 April 2022. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/JHS.2022.69740.1059.
26. Marschner H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd Academic Press. Ltd. London.Pp: 245. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-473542-2.X5000-7.
27. McKey D. 1979. The distribution of secondary compounds within plants. In: Rosenthal GA, Janzen DH, editors. Herbivores: their interaction with secondary plant metabolites. Academic Press, New York. 55-133 Pp.
28. Mocready M., Guggolz J., Silviera V., and Owens H.S. 1950. Determination of starch and amylose in vegetables. Application to peas. Analytical Chemistry 22: 1156-1158. https://doi.org/10.1021/ac60045a016.
29. Movahhedi Dehnavi M., Moddares Sanavi A.M., Sorooshzadeh A., and Jalali Javaran M. 2004. Changes in proline, total soluble sugars, chlorophyll (SPAD) and chlorophyll fluorescence in winter safflower varieties under drought stress and foliar application of zinc and manganese. Desert 9(1): 93-110. (In Persian with English abstract)
30. Muller V., Lankes C., Zimmermann B.F., Noga G., and Hunsche M. 2013. Centelloside accumulation in leaves of *Centella asiatica* is determined by resource partitioning between primary and secondary metabolism while influenced by supply levels of either nitrogen, phosphorus or potassium. Journal of Plant Physiology 170(13): 1165-1175. https://doi.org/10.1016/j.jplph.2013.03.010.
31. Nguyen Ph.M., Kwee E.M., and Niemeyer E.D. 2010. Potassium rate alters the antioxidant capacity and phenolic concentration of basil (*Ocimum basilicum* L.) leaves. Food Chemistry 123(4): 1235-1241. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.05.092.
32. Noorbakhsh F., Chaloui V., and Akbarpour V. 2016. Effect of vermicompost and nitroxin on vegetative growth and some biochemical traits in the medicinal plant Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.). Journal of Horticultural Sciences (Agricultural Sciences and Industries) 30(2): 178-184. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/JHORTS4.V30I2.34190.
33. Nur Faezah O., Siti Aishah H., Umi Kalsom Y., Nur A., Puteri E., and Umarani S. 2012. Phenolics, flavonoids,

antioxidant activity and cyanogenic glycosides of organic and mineral-base fertilized cassava tubers. Molecules 17(3): 2378-2387. https://doi.org/10.3390/molecules17032378.

34. Omid Beigi R. 2005. Production and processing of medicinal plants. Behnashr Publications, Vol I. 347 pp. (In Persian)
35. Omid Beigi R. 2007. Production and processing of medicinal plants. Astan Quds Razavi Publishing House. Vol III. 397 pp.
36. Pirzad A.R., Tousi P., and Darvishzadeh R. 2013. Effect of Fe and Zn foliar application on plant characteristics and essential oil content of anise (*Pimpinella anisum* L.). Iranian Journal of Crop Sciences 15(1): 12-23. (In Persian with English abstract)
37. Raja Sekar K., and Karmegam N. 2010. Earthworm casts as an alternate carrier material for biofertilizers: Assessment of endurance and viability of *Azotobacter chroococcum*, *Bacillus megaterium* and *Rhizobium leguminosarum*. Scientia Horticulturae 124(2): 286-289. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.01.002.
38. Reuther W., and Labanauskas C.K. 1966. Copper. In: H.D. Chapman (Editor), Diagnostic Criteria for Plants and Soils. University of California's Division of Agriculture Science 157-179.
39. Saeidnejad A.H., and Rezvani Moghaddam P. 2010. Evaluate the effect of compost, vermicompost and manure on yield, yield components and the percentage of cumin. Journal of Horticultural Science 24(2): 142-148. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/JHORTS4.V1389I2.7987.
40. Seyyedi SM., Khajeh Hossieni M., Rezvani Moghaddam P., and Shahandeh H. 2016. Effect of increasing the solubility of phosphorus on seed quality of black seed (*Nigella sativa* L.) [Research]. Journal of Soil and Plant Interactions 7(1): 85-98. eng. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.18869/acadpub.ejgcst.7.1.85.
41. Shabanzadeh S.H., Ramroudi M., and Galavi M. 2012. Influence of micronutrients foliar application on seed yield and quality traits of black Cumin in different irrigation regimes. Journal of Crop Production and Processing 1(2): 79-89. (In Persian with English abstract). https://doi.org/20.1001.1.22518517.1390.1.2.6.1.
42. Soltaninejad R., Razavizadeh R., and Oloumi H. 2013. A study on changes of some metabolites of *Glycyrrhiza glabra* L. seedlings treated with copper oxide and zinc oxide. Iranian Journal of Plant Biology 5(18): 67-80. (In Persian with English abstract). https://doi.org/20.1001.1.20088264.1392.5.18.6.8.
43. Sotoudeh P., Akhgar A., Abbaszadeh Dehji P., and Rahimi A. 2016. The effect of combined application of vermicompost and growth-promoting bacteria on growth indices and nutrient uptake of sesame seedlings (*Sesamum indicum* L.). Journal of Soil and Water Science 26(1): 21-34. (In Persian with English abstract)
44. Taghizadeh M., Mohtadi A., and Asemaneh T. 2017. Investigating of copper effect on growth and physiological characteristics of nasturtium officinale. The Plant Production 39(4): 101-114. https://doi.org/10.22055/PPD.2016.12432.
45. Toor R.K., Geoffrey P.S., and Anuschka H. 2006. Influence of different types of fertilizers on the major antioxidant components of tomatoes. Journal Food Compos Analysis 19(1): 20-27. https://doi.org/10.1016/j.jfca.2005.03.003
46. Turkmen N., Sari F., and Velioglu Y. 2005. The effect of cooking methods on total phenolics and antioxidant activity of selected green vegetables. Food Chemistry 93(4): 713-718. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.12.038
47. Vojodi Mehrabani L., Valizadeh Kamran R., and Hassanpouraghdam M.B. 2017. The Effects of Relative Substitution of Organic Fertilizers on Elementes Content, Some Physiological Traits and Yield of *Lepidium sativum* L. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 27(3): 63-72. (In Persian with English abstract)
48. Weisany W., Rahimzadeh S., and Sohrabi Y. 2012. Effect of bio fertilizers on morphological, physiological characteristic and essential oil content in basil (*Ocimum basilicum* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 28(1): 73-87.
49. Wrosotad R.E. 1976. Color and pigment analysis in fruit products. Oregon State University Publications Limited, Cornwalis.
50. Yadegari M., and Alayean N. 2012. Effect of micronutrients foliar application on some yield traits in marigold (*Calendula officinalis* L.). Journal of Crop Production Research 4(1): 75 - 84. (In Persian with English abstract)
51. Yadollahi P., Asgharipour M.R., Kheiri N., and Ghaderi A. 2015. Effects of drought stress and different types of organic fertilizers on the yield and yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Journal of Oil Plants Production 1(2): 27-40. (In Persian with English abstract)
52. Zare Dehabadi S., and Asrar Z. 2009. Effect of excess zinc on the concentration of some mineral element and antioxidant responses of spearmint (*Mentha spicata* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research 24(4): 530-540.